軌道検測データに基づく軌道構造改良効果の分析及びその活用法

（公財）鉄道総合技術研究所　　正会員　○片山　雄一朗，三和　雅史
四国旅客鉄道株式会社　　正会員　　高原　崇

1．はじめに

軌道構造の適切な改良は、軌道狂い（軌道変位）進みを抑制し、列車の走行安全性を高めるとともに、軌道保守量を減少させることが期待できる。よって、改良の際には線路条件，車両・運転条件に応じた保守費や改良費等のトータルコストを考慮した適切な構造を選択することが重要である。そこで、現在、適切な軌道改良計画の策定支援ツールとして、改良効果の評価モデルを構築している。本稿では、本モデルで扱う高低狂いの推定モデルの構築のために、軌道検測車で得られた高低狂いの履歴データを用いて、改良前後等における軌道状態推移を比較した。また、軌道構造改良の効果を推計するモデルについて検討した。

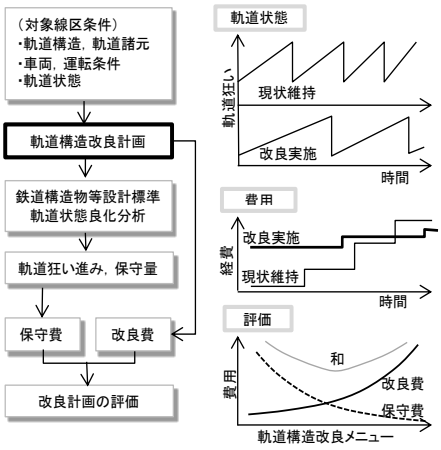

図１　軌道構造改良効果評価モデル

2．軌道構造改良効果評価モデル

本モデルは図 1 に示すように、対象線区条件を入力データとして、改良計画の内容に応じて工事費，材料費等の改良費を算出して、計画の妥当性を評価する。この際必要な、改良後の軌道狂い進みについては、軌道検測データに基づいて構築した推定モデルを用いる。ここで、実データが得られない線区や軌道構造条件に対しては「鉄道構造物等設計標準・同解説　軌道構造 [1)]」（以下、「設計標準」と呼ぶ。）に基づいて算出した推定値を活用する等して、軌道狂い進みを推定することを想定している。

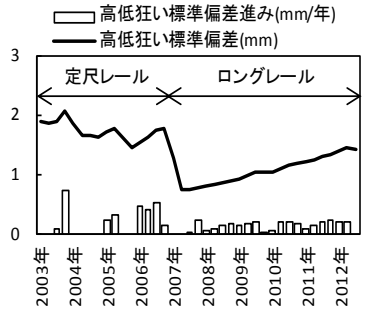

図２　軌道構造改良前後の軌道状態の一例

3. 軌道構造改良が軌道狂いに与える影響分析

軌道状態を評価する指標として、100ｍロットの 10m弦高低狂い標準偏差を用い、各軌道構造における高低狂い進みの履歴データを分析した。対象は地方線区におけるバラスト軌道の直線区間とし、踏切，橋梁，ドレン，分岐器，EJ，IJ 等が存在するロットについては除外した。

図 2 は、軌道構造を定尺レールからロングレールに改良したあるロットにおける高低狂い標準偏差の推移を示したものである。改良後、標準偏差と進みの傾向が良化しており、これはロングレール化により継目部における衝撃輪重が減少したためと考えられる。

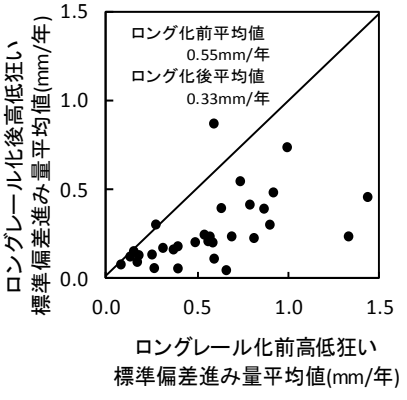

図３　ロングレール化の効果

図 3 は、ロングレール化前後における高低狂い進みの平均値をロット別にプロットしたものである。改良前の全ロットの平均値は 0.55㎜/年、改良後は 0.33㎜/年となり、進みが抑制されている。これについても継目部の衝撃輪重の緩和による効果と考えられる。

図 4 に、定尺レール区間（ＰＣ，木まくらぎ）とロングレール区間（ＰＣまくらぎ）における、高低狂い標準偏差と進みの関係を示す。各軌道構造において、標準偏差と進みとの間に相関が見られるが、分布の傾向は異なる。特に、ロングレール区間では標準偏差と進みが全体的に小さく、比較的良好な軌道状態といえる。

キーワード　軌道構造改良，高低狂い進み，ロングレール化，ＰＣまくらぎ化
連絡先　　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38（公財）鉄道総合技術研究所　軌道管理研究室 TEL(042)573-7278

４．軌道構造改良に伴う高低狂い進み推定モデルの検討

４．１　高低狂い進みへの各種要因の影響度に関する検討

図４に示した各軌道構造間における高低狂い進みの差に関する有意性を検証する。また、進みに影響すると考えられる年間通トンと列車速度についても検証対象とする。表１に、従属変数を進み量の実測値から年間通トン数で除した値（Δσ/T）とし、速度，軌道構造を因子として分散分析を行った結果を示す。通トンで除した理由としては、高低狂い進みと通トンの関係を事前に分析した結果、有意な相関を確認したためである。本分析により以下のような進み量の推定式を得る。

$$\Delta\sigma/T=\beta_1+\beta_2+\beta_0$$

Δσ：高低狂い進み量　T：年間通トン　β：パラメータ（表１参照）

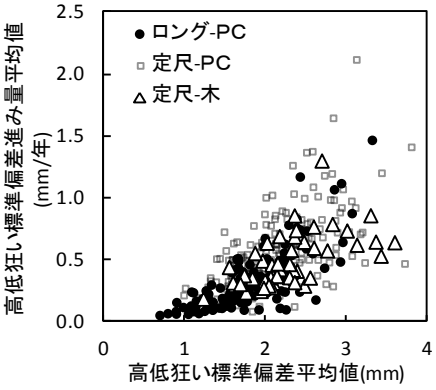

図４　高低狂いと進み量

表１　分散分析結果（実測値）

パラメータ		β		t 値
切片		β_0	0.092	11.457＊
列車速度	～80km/h	β_1	−0.007	−0.477
	80～100km/h		−0.005	−0.777
	100～130km/h		0	
軌道構造	ロング-PC	β_2	−0.034	−3.489＊
	定尺-PC		0.016	2.111＊
	定尺-木		0	

＊5%有意水準

軌道構造については、全て 5%有意であり、ロング-ＰＣ区間のβ_2は小さい。定尺-ＰＣ区間と定尺-木区間を比較すると、ＰＣまくらぎ区間の方がβ_2が大きい結果となった。これは、今回の分析は既設線データを用いており、当該区間では噴泥が多く見られ、このような材料状態が進みに影響したと考えられる。よって、ＰＣまくらぎ化の際に道床交換を行い、その前後の高低狂い進みを評価した際、両まくらぎ間における差は逆になる可能性がある。なお、β_2の絶対値はロング-ＰＣ区間の半分以下であるため、定尺レール区間の木まくらぎ，ＰＣまくらぎの進みの差は小さいと考えられる。列車速度については、速度が低いと進みが減少する傾向はあるものの、有意差は見られなかった。

ところで、今回分析した各ロットの条件を設計標準におけるモデルに適用して推定した進み量に対しても同様の分析を行った。その結果、速度，軌道構造において有意差が認められた。

４．２　実測データの統計分析と設計標準との比較

２章で述べたように、軌道構造改良効果の評価において、軌道狂い進みの実測値を活用できない箇所については、設計標準による推定値の活用を想定している。よって、これらの実測値と推定値の進みの傾向についての整合性を確認する。各値に対して、分散分析を行って得られた進み量の推定値を、通トンと列車速度をパラメータとして図５に示す。全体的に、設計標準による値の方が小さい傾向にあるが、両者の通トン，速度に対する変化の傾向は概ね近い。また、ロング-ＰＣ区間での進みは他の構造に比べて小さい。一方、定尺-ＰＣ区間と定尺-木区間の大小関係は、実測値と設計標準による値とでは異なっている。前節で述べたように、既設線の定尺レール区間におけるＰＣまくらぎと木まくらぎとの差異には、材料状態等の影響が含まれていると考えられる。但し、いずれの値においても両構造における差はロング-ＰＣ区間との差に比べて小さい。

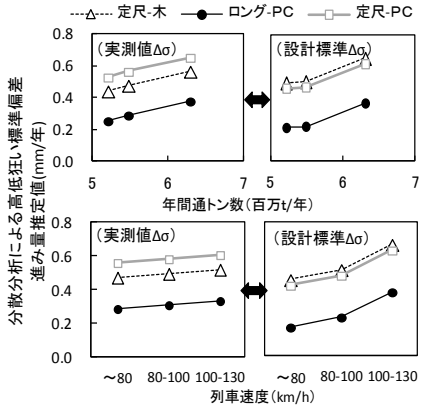

図５　軌道狂い進みの比較

以上より、定尺レールのロングレール化は進みを 40%程度減少させ、通トンや速度が進みに与える影響は実測値と設計標準による値とでほぼ整合し、設計標準による値が実測値を補完することは可能と考える。

５．おわりに

軌道構造改良前後の軌道状態から改良効果を分析した。また、改良効果の評価モデルで扱う高低狂い進み推定モデルを検討し、各パラメータの有意性を検証し、進みの実測値と設計標準による推定値の傾向を比較した。

参考文献

1)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説　軌道構造，丸善，2012